บทที่ 2
ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

การดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกหรือทางลบ จะเห็นได้ว่าไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดใดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เพียงลำพังโดยไม่ต้องพึ่งพาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นถ้าสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในสิ่งแวดล้อมนั้นด้วย เช่น การดำรงชีวิตของพืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำอื่นๆ จะต้องมีการพึ่งพาอาศัยกันและมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต เช่น แร่ธาตุ แสงแดด มีการใช้พลังงานและแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกัน เป็นวัฏจักรที่ดำเนินไปเป็นระบบภายใต้ความสมดุลของธรรมชาติ ดังนั้นหากระบบมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และส่งผลกระทบเกี่ยวเนื่องไปทั้งระบบและทำให้เกิดปัญหากับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ระบบดังกล่าวเรียกว่า “ระบบนิเวศ” ซึ่งหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตทั้งหมดกับสิ่งแวดล้อมที่ดำรงอยู่

2.1 ระบบนิเวศ

นิยามและความหมาย

โอดัม (Odum, 1963) ได้ให้คำนิยามไว้ว่า “ระบบนิเวศ (Ecosystem) หมายถึงหน่วยพื้นที่หนึ่งที่ประกอบด้วยสังคมของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทำหน้าที่ร่วมกัน

จากข้อความดังกล่าวประกอบด้วยประเด็นสำคัญ 3 ประเด็น ดังนี้

1. หน่วยพื้นที่ หมายถึง ระบบนิเวศจะถูกจำกัดขอบเขตหรือขนาด ดังนั้นจะเล็กหรือใหญ่อย่างไรก็ได้ แต่ต้องให้มีอาณาบริเวณอย่างเด่นชัด เช่น สระน้ำ อ่างเก็บน้ำ ป่าไม้ ระบบเมือง ระบบชนบท

2. สังคมของสิ่งมีชีวิต หมายถึง องค์ประกอบหรือโครงสร้างทั้งหมดที่อยู่ภายในหน่วยพื้นที่หรือระบบนิเวศนั้นๆ อาจเป็นสิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต ไม่มีชีวิต และอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นก็ได้

3. การทำหน้าที่ร่วมกันขององค์ประกอบ หมายถึง องค์ประกอบทั้งหลายในระบบนิเวศต่างก็มีบทบาทและหน้าที่ของตนเอง จึงสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่จะอยู่ร่วมกันกับสิ่งต่างๆ ได้ทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ สุดท้ายก็จะแสดงเอกลักษณ์ของระบบนั้นๆ เช่น ระบบนิเวศป่าชายเลน ระบบนิเวศป่าดิบชื้น ระบบนิเวศทะเล เป็นต้น (เกษม จันทร์แก้ว, 2540)

ระบบนิเวศหนึ่งๆ เป็นโครงสร้างที่เปิด มีความสามารถในการควบคุมตัวมันเองประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต การที่กล่าวว่าเป็นระบบนิเวศ ***ระบบเปิด*** เพราะมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม มีการแลกเปลี่ยนสารและพลังงาน ซึ่งระบบนิเวศที่ใหญ่ที่สุด คือโลก เรียกว่า ชีวาลัย (Biosphere หรือ Ecosphere) ***ระบบเปิด*** หมายถึง การที่ต้องมีการนำเข้าของพลังงาน สสาร แร่ธาตุ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเข้าไปในระบบ และขณะเดียวกันต้องมีการนำสิ่งเหล่านี้ออกจากระบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมภายนอก (ราตรี ภารา, 2538)

2.1.1 โครงสร้างของระบบนิเวศ

แม้ว่าระบบนิเวศบนโลกจะมีความหลากหลาย แต่องค์ประกอบภายในระบบนิเวศแต่ละชนิดจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

2.1.1.1 องค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (Abiotic Components) จำแนกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1) อนินทรียสาร (Inorganic Substance) เช่น คาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน น้ำ ฟอสฟอรัส ออกซิเจน ฯลฯ

2) อินทรียสาร (Organic Substance) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ฮิวมัส ฯลฯ

3) สภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment) เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสง อากาศ ความเป็นกรด-ด่าง ฯลฯ

2.1.1.2 องค์ประกอบที่มีชีวิต (Biotic Components) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตทุกชนิด จำแนกตามบทบาทหน้าที่ได้ 3 ชนิด คือ

1) ผู้ผลิต (Producer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เอง โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ได้แก่ พืชสีเขียว แพลงตอนพืช แบคทีเรีย บางชนิด ฯลฯ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีรงควัตถุสีเขียว คือ คลอโรฟิลล์ เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เกิดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตขึ้น ดังสมการ

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

ผู้ผลิต จัดว่ามีความสำคัญมากเพราะเป็นส่วนที่เริ่มต้นเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบที่ไม่มีชีวิตและส่วนประกอบที่มีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศ โดยการสร้างและสะสมอาหารขึ้นมาจากแร่ธาตุและสารประกอบโมเลกุลเล็ก รวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งสิ่งมีชีวิตพวกอื่นๆ ในระบบนิเวศไม่สามารถใช้สิ่งเหล่านี้ได้โดยตรงในการเจริญเติบโต

2) ผู้บริโภค (Consumer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ แต่ได้รับอาหารจากการกินสิ่งมีชีวิตอื่น สิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทเป็นผู้บริโภค คือ พวกสัตว์ต่างๆ จำแนกเป็น 3 ชนิด ตามลำดับขั้นการบริโภค คือ

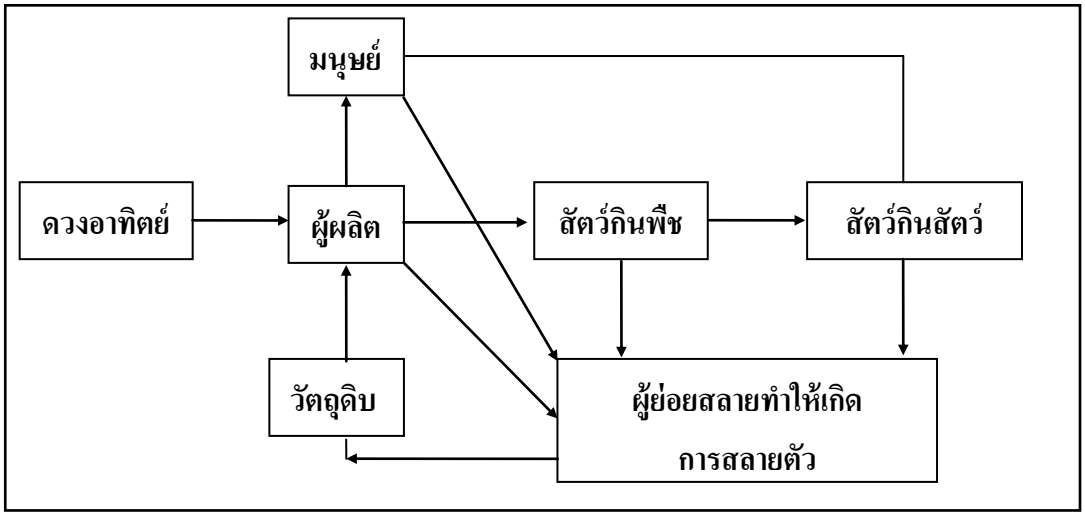
(1) ผู้บริโภคปฐมภูมิ (Primary Consumer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินพืชเป็นอาหาร เรียกว่า ผู้บริโภคพืช (Herbivores) ได้แก่ กระต่าย วัว ควาย ช้าง ม้า ปลาที่กินพืชเล็กๆ ฯลฯ

(2) ผู้บริโภคทุติยภูมิ (Secondary Consumer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่กินสัตว์ด้วยกันเป็นอาหาร (Carnivores) เช่น งู เสือ นกฮูก นกเค้าแมว จระเข้ ฯลฯ

(3) ผู้บริโภคตติยภูมิ (Tertiary Consumer) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่กินทั้งพืช และสัตว์เป็นอาหาร (Omnivore) เช่น คน หมู สุนัข ฯลฯ

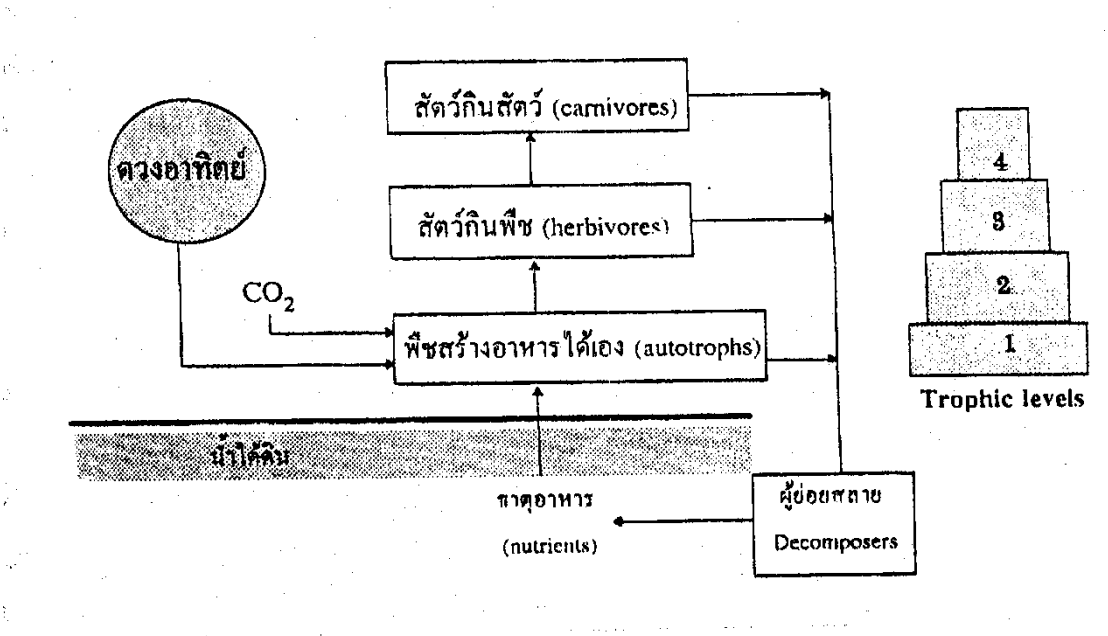
นอกจากนี้ยังอาจมีผู้บริโภคอันดับต่อไปได้อีกตามลำดับขั้นของการบริโภค ผู้บริโภคขั้นสุดท้ายเรียก ผู้บริโภคขั้นสูงสุด (Top Consumer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระดับขั้นการกินสูงสุด ซึ่งก็คือสัตว์ที่ไม่ถูกกินโดยสัตว์อื่น ๆ ต่อไป เป็นสัตว์ที่อยู่ในอันดับสุดท้ายของการถูกกินเป็นอาหาร เช่น มนุษย์ เป็นต้น

3) ผู้ย่อยสลาย (Decomposer) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ แต่จะได้อาหารโดยการสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายซากของสิ่งมีชีวิต ของเสีย กากอาหาร ให้เป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กลงแล้วจึงดูดซึมไปใช้บางส่วน ส่วนที่เหลือจะปล่อยออกสู่ระบบนิเวศ ซึ่งผู้ผลิตสามารถนำไปใช้สร้างอาหารต่อไป สิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายส่วนใหญ่ ได้แก่ แบคทีเรีย เห็ด รา สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญอย่างมากในระบบนิเวศ เพราะทำให้เกิดการหมุนเวียนของสาร



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแสดงวัฏจักรของระบบนิเวศ
ที่มา : กนก จันทร์ทอง, 2539

องค์ประกอบทั้งส่วนที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิต เป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่เป็นหน้าที่ ได้แก่ กิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลง การเจริญเติบโตของระบบนิเวศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหาร ในขณะที่มีการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหาร พลังงานจะลดลงไปตามลำดับขั้นของการกิน (Throphic Level) ที่สูงขึ้น โดยประมาณแล้วจะลดลงร้อยละ 90 ทุกๆ ครั้งที่เปลี่ยนลำดับขั้นของการกินเหลือพลังงานเพียงร้อยละ 10 เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่จะเปลี่ยนรูปและปล่อยออกมาในรูปของความร้อน แต่สารอาหารยังคงมีอยู่เท่าเดิมและในที่สุดก็จะถูกย่อยสลายให้เป็นสารประกอบโครงสร้างง่ายๆ เพื่อเป็นธาตุอาหารของผู้ผลิตต่อไป (ดังภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับขั้นการกิน (Trophic Level)
ที่มา : เกษม จันทร์แก้ว, 2540

2.1.2 ปัจจัยที่เป็นสิ่งกำหนดลักษณะของระบบนิเวศ

พืชและสัตว์ในแต่ละระบบนิเวศย่อมเกิดขึ้น หรืออาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นจึงมีปัจจัยหลายประการที่เป็นสิ่งกำหนดลักษณะของระบบนิเวศ ปัจจัยสำคัญ ได้แก่

2.1.2.1. อุณหภูมิ เป็นเครื่องกำหนดชนิดของพืชและสัตว์ว่ามีชนิดใดอยู่บ้าง เนื่องจากอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปพรรณสัณฐานและสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต การอพยพของสัตว์ การแพร่กระจายของพืชและสัตว์ในพื้นที่ต่างๆ และควบคุมชนิดของไข่ และอัตราส่วนเพศในสัตว์บางชนิด

2.1.2.2 น้ำและความชื้น พืชและสัตว์ มีการถ่ายเทไอน้ำให้กับอากาศอยู่เสมอ บริเวณที่อากาศมีความชื้นต่ำ ร่างกายจะมีการถ่ายเทน้ำให้กับอากาศมากขึ้น ส่วนพืชจะมีการถ่ายเทน้ำให้กับอากาศอยู่เสมอ ระบบนิเวศที่มีความชื้นมากมักจะมีพืชและสัตว์อาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้มีโอกาสประสานสัมพันธ์ในการถ่ายทอดวัตถุธาตุและพลังงานให้แก่กันได้มากขึ้น

2.1.2.3 แสงสว่าง มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่เป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เพราะทำให้การถ่ายเทวัตถุธาตุต่างๆ อิทธิพลของแสงสว่างที่มีต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คุณภาพแสงมีผลต่อการงอกของเมล็ด ช่วงแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชหลายชนิด ความเข้มแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสง

2.1.2.4 ดิน เป็นที่รวมของธาตุอาหารต่างๆ เช่น แคลเซียม ไนเตรท ฟอสฟอรัส และยังเป็นแหล่งปุ๋ยธรรมชาติ คือ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงก็จะถูกย่อยสลายกลายเป็นฮิวมัสเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน ดินที่มีลักษณะความสมบูรณ์หรือมีธาตุอาหารแตกต่างกันย่อมมีผลต่อพืชและสัตว์ที่อาศัยดินนั้นดำรงชีวิตอยู่ ในแง่ของชนิด จำนวน การแพร่กระจาย การเจริญเติบโต เช่น บริเวณดินเค็ม ก็จะมีพืชพวกทนเค็มขึ้นอยู่

2.1.2.5 ไฟป่า มีทั้งผลดีและผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต *ผลเสีย* คือ เป็นอันตรายโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิต ทำลายแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัย สร้างผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ดิน น้ำ อันจะส่งผลถึงการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต *ส่วนผลดี* ของไฟป่า คือ ช่วยเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดให้พืชช่วยเร่งการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด

2.1.2.6 มลภาวะ เป็นปัจจัยที่เข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงหรือกำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในระบบนิเวศ การเกิดมลภาวะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่

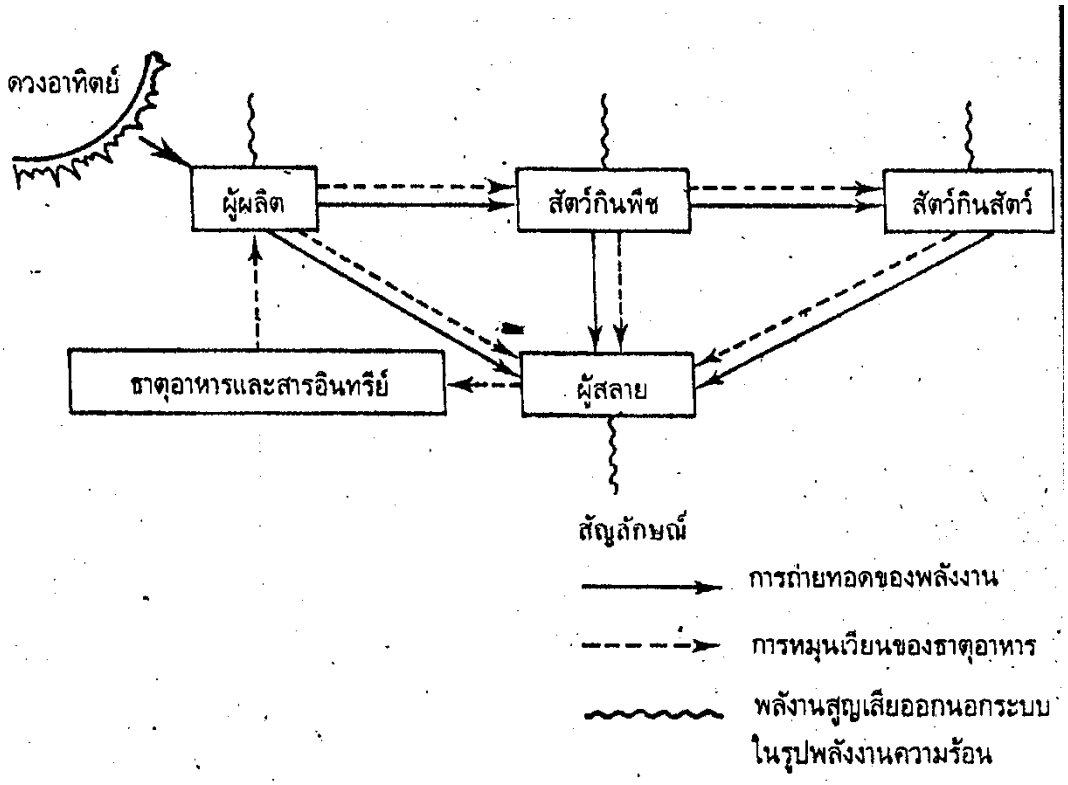
2.1.2.7 การแย่งชิง เป็นการแย่งชิงกันระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกัน เนื่องจากมีความต้องการปัจจัยพื้นฐานเหมือนกัน แต่มีจำนวนจำกัด หรือมีไม่เพียงพอที่จะทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้เป็นปกติ ทำให้เกิดการแย่งชิงน้ำ อาหาร แสงสว่าง ที่อยู่อาศัย เช่น การที่พืชสองชนิดขึ้นอยู่ใกล้เคียงกันจะแก่งแย่งกันครอบครองพื้นที่ ทำให้ทั้งสองฝ่ายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร บางครั้งฝ่ายที่อ่อนแอกว่าจะถูกแก่งแย่งจนตายไป

2.1.2.8 การกินซึ่งกันและกัน เป็นลักษณะที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ เป็นอาหารมีผลต่อการควบคุมจำนวนของสัตว์ในแต่ละระบบนิเวศเพื่อให้เกิดความสมดุล ระบบนิเวศที่ขาดความสมดุลในเรื่องการกินซึ่งกันและกันมีผลทำให้เกิดปัญหา เช่น ไร่ข้าวโพดมีตั๊กแตนมากิน และทำลายข้าวโพดเสียหาย ถ้าไม่มีสัตว์อื่นมากินตั๊กแตนก็จะทำให้ตั๊กแตนแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว เกิดเสียสมดุลทางธรรมชาติ

2.1.2.9 ความเป็นกรดเป็นด่าง มีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจและระบบการทำงานของเอนไซม์ภายในร่างกาย ซึ่งเป็นตัวการที่สำคัญมากเพราะตัวความเป็นกรดหรือด่างเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็อาจเป็นอันตรายได้ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

2.1.3 การประสานสัมพันธ์กันในระบบนิเวศ

สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยลำพัง ต้องมีการประสานสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศการประสานสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ โดยเริ่มจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้เกิดสารประกอบของคาร์บอน (Carbon Compound) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งหลายดำรงอยู่ได้ ธาตุอาหารและพลังงานที่เกิดจากพืชจะถ่ายทอดไปยังสัตว์ รวมทั้งกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ ในที่สุดธาตุต่างๆ ที่อยู่ในลักษณะของอาหารก็จะสลายออกสู่สิ่งแวดล้อมและถูกนำมาใช้อีก (Recycle) ธาตุต่างๆ ถ่ายเทและสามารถอยู่ได้ก็โดยการถ่ายเท (Flow) ของพลังงานในรูปแบบต่างๆ (ดังภาพที่ 2.3)



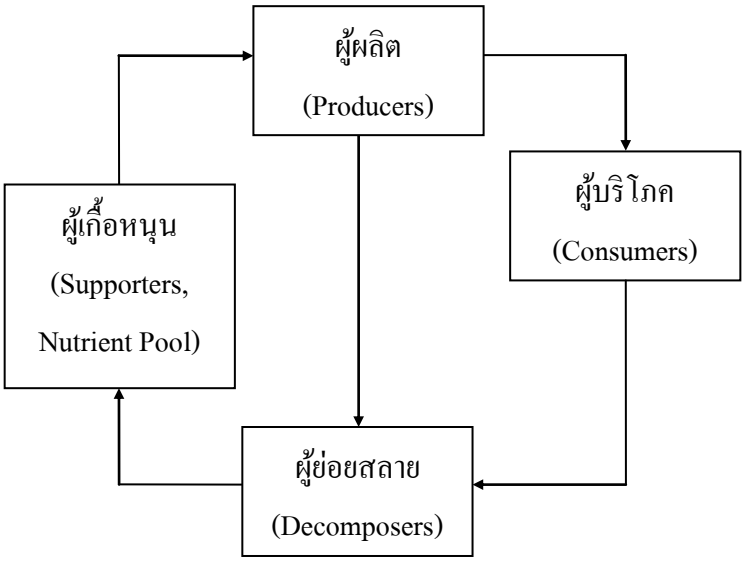
ภาพที่ 2.3 แสดงการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ
ที่มา : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2536

จากภาพพลังงานที่ใช้ในระบบนิเวศจะได้รับมาจากดวงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงแล้วสะสมไว้ในอาหารที่สร้างขึ้น จากนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคตามลำดับขั้นการบริโภค และถูก

ถ่ายทอดเข้าสู่ผู้ย่อยสลายในการถ่ายทอดพลังงานนี้ พลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปนอกระบบในรูปพลังงานความร้อน โดยพลังงานจะไม่มีการหมุนเวียน (Non cyclic) อยู่ในระบบนิเวศนั้น ส่วนการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศนั้น ผู้ผลิตได้ธาตุอาหารจากน้ำจากดินไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ผู้บริโภคได้รับแร่ธาตุโดยการบริโภคต่อๆ กัน ในที่สุดเมื่อผู้ผลิต ผู้บริโภคตาย ผู้สลายสารจะย่อยสลาย ธาตุอาหารจะถูกปล่อยออกมาให้ผู้ผลิตนำไปใช้อีก จะวนเวียนเช่นนี้ ดังนั้นสารอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศจึงอยู่ในลักษณะของวัฏจักร

2.1.4 การทำงานขององค์ประกอบในระบบนิเวศ

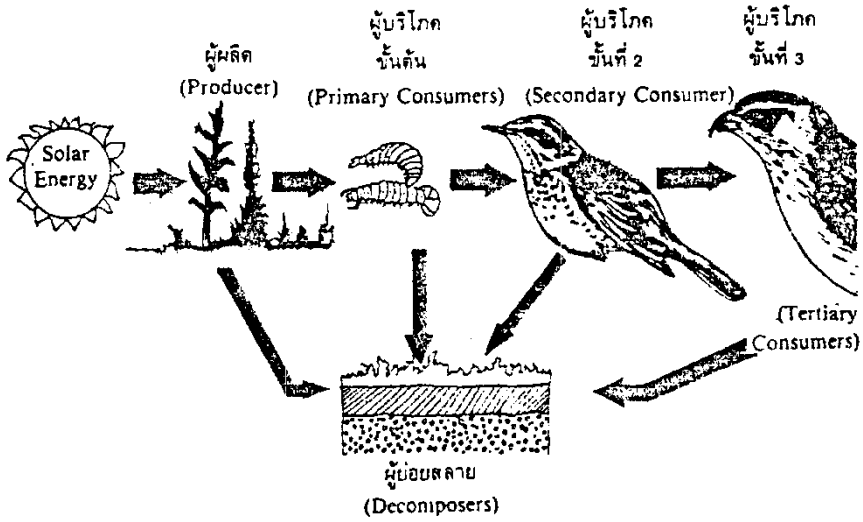
องค์ประกอบของระบบนิเวศทุกประเภทจะมีบทบาทแตกต่างกัน ทำให้องค์ประกอบแตกต่างกันไปด้วย ถ้าแบ่งองค์ประกอบเป็นกลุ่มตามหน้าที่ สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแร่ธาตุอาหาร (Nutrient Pool หรือ Abiotic Component) หรือผู้สนับสนุน (Supporters) ให้แร่ธาตุต่อผู้ผลิต (Producers) แล้วมีการบริโภคโดยผู้บริโภค (Consumers) ต่อมาเมื่อผู้ผลิตและผู้บริโภคตายลง จะถูกย่อยสลายโดยผู้ย่อยสลาย (Decomposers) แปรสภาพเป็นธาตุอาหารให้ผู้ผลิตเป็นเช่นนี้ตลอดไปสำหรับระบบนิเวศที่มีความสมดุลตามธรรมชาติ (ดังภาพที่ 2.4) แต่ถ้าระบบนิเวศถูกรบกวนหรือถูกทำลายจะทำให้ภาวการณ์ไม่เป็นไปตามนี้



ภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบแบ่งตามหน้าที่ในระบบนิเวศ
ที่มา : ดัดแปลงจาก เกษม จันทร์แก้ว, 2540

2.1.5 ความสัมพันธ์เชิงอาหารของสิ่งมีชีวิต

ห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) พลังงานที่ผู้ผลิตรับจากดวงอาทิตย์และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารอาหาร จะมีการถ่ายทอดไปตามลำดับขั้นของการกินอาหารภายในระบบนิเวศ กล่าวคือ ผู้บริโภคได้รับพลังงานจากผู้ผลิตโดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ ในแต่ละลำดับขั้นของการถ่ายทอดพลังงานที่พลังงานจะค่อยๆ ลดลงไปในแต่ละลำดับ เนื่องจากสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อนกระบวนการเคลื่อนย้ายหรือถ่ายทอดพลังงานในรูปสารอาหารจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภค โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ เรียกว่า “ห่วงโซ่อาหาร” (Food Chain) (ดังภาพที่ 2.5) หรือบางครั้งอาจเรียกห่วงโซ่อาหารนี้ว่า “ห่วงโซ่พลังงาน” (Energy Chain) จำนวนของระดับ (Trophic Level) การถ่ายทอดพลังงานขึ้นอยู่กับลักษณะหรือชนิดของระบบนิเวศ

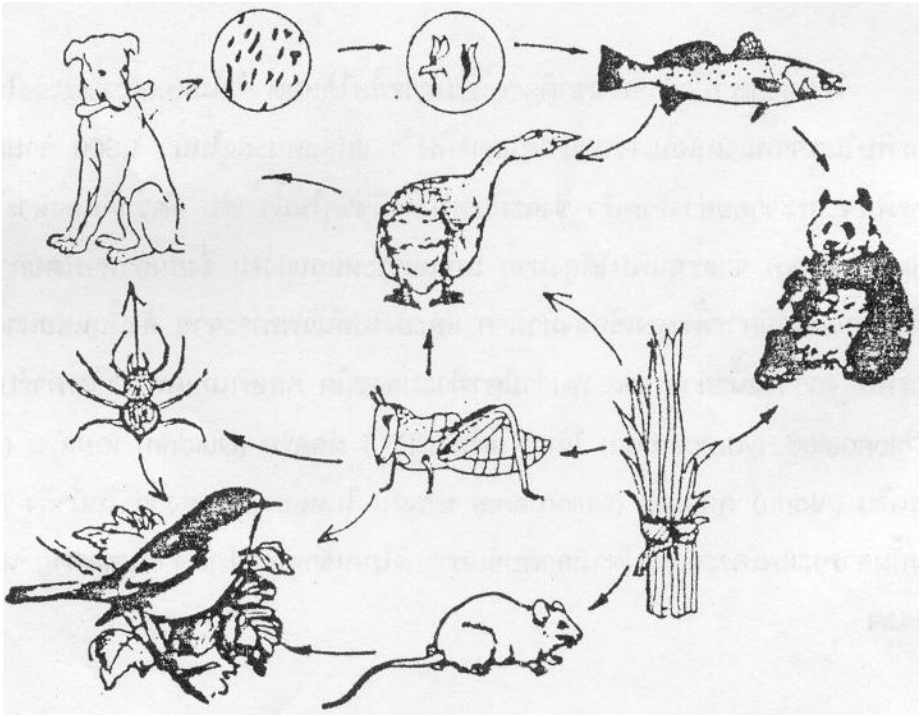


ภาพที่ 2.5 แสดงห่วงโซ่อาหาร
ที่มา : วินัย วีระวัฒนานนท์ และ บานชื่น สีพันผ่อง, 2537

ระดับที่ 1 พืชหรือผู้ผลิต ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และธาตุอาหารมาผลิตส่วนต่างๆ ของพืช
ระดับที่ 2 ผู้บริโภคขั้นต้น ได้แก่ แมลง หนอน สัตว์กินพืช
ระดับที่ 3 ผู้บริโภคขั้นที่สอง ได้แก่ สัตว์กินแมลง หนอน
ระดับที่ 4 ผู้บริโภคขั้นที่สาม ได้แก่ สัตว์กินสัตว์ด้วยกันเป็นอาหาร
ระดับที่ 5 ผู้ย่อยสลาย ย่อยสลายผู้ผลิต และผู้บริโภคทุกระดับ

การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหารในแต่ละขั้นจะมีการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นช่วงการถ่ายทอดพลังงานจึงต้องจำกัดแค่ 4 หรือ 5 ขั้น ห่วงโซ่อาหารยิ่งสั้นเท่าไรก็ยิ่งมีพลังงานเหลืออยู่มาก เนื่องจากไม่ต้องสูญเสียพลังงานในระหว่างที่มีการกินอาหารในขั้นต่างๆ

สายใยอาหาร (Food Web) ในธรรมชาติการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารจะไม่เป็นสายตรงเสมอไป เพราะสิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจกินอาหารได้หลายชนิดและขณะเดียวกันอาจตกเป็นเหยื่อของผู้ล่าชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดเช่นกัน ดังนั้น ห่วงโซ่อาหารของแต่ละระบบนิเวศจึงมีความสัมพันธ์กัน โดยมีการกินข้ามห่วงโซ่อาหาร การถ่ายทอดพลังงานจึงมีความซับซ้อนมากขึ้นและสัมพันธ์เกี่ยวโยงไปมาหลายห่วงโซ่อาหาร ความสัมพันธ์ในลักษณะการกินที่เกี่ยวโยงกันและมีความซับซ้อนนี้เรียกว่า สายใยอาหาร (Food Web) หรือข่ายใยอาหาร (ดังภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 สายใยอาหาร
ที่มา : วินัย วีระวัฒนานนท์ และบานชื่น สีพันผ่อง, 2537

สายใยอาหารประกอบด้วยห่วงโซ่อาหารหลายสายเชื่อมโยงกัน แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในชุมชนที่มีต่อกันอย่างซับซ้อนดังนั้นระบบนิเวศใดที่มีสายใยอาหารซับซ้อนแสดงว่ามีเสถียรภาพสูงเพราะมีโอกาสที่จะเสียสมดุลได้น้อย ถ้าหากมีสิ่งมีชีวิตใดสูญหายไปก็ยังมีสิ่งมีชีวิตอื่นทดแทนได้ไม่เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศ (ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และ สุนีย์ เลิศแสวงกิจ, 2537)

การถ่ายทอดพลังงานไปตามลำดับขั้นการบริโภค สิ่งที่ผ่านมาตามห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร มิได้มีเพียงสารอาหารเท่านั้น แต่ยังมีสารอื่นๆ ปะปนมาด้วย เช่น ดีดีที ปรอท แคดเมียม ฯลฯ ซึ่งสารเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างพลังงานให้แก่เซลล์ จึงสะสมอยู่ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแล้วถ่ายทอดต่อๆ ไปตามลำดับขั้นการบริโภคเข้ามาสู่ผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือเข้าสู่มนุษย์นั่นเอง

2.1.6 ปริมาณของสารพิษในห่วงโซ่อาหาร

ปกติการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานในระบบจะเป็นไปตามกฎสิบเปอร์เซ็นต์ แต่จากการศึกษาพบว่า สารเคมีหรือสารพิษต่างๆ เช่น ยาฆ่าแมลงที่เกษตรกรใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถถ่ายทอดสู่ห่วงโซ่อาหาร แต่การถ่ายทอดสารพิษในระบบนิเวศไม่เป็นไปตามกฎสิบเปอร์เซ็นต์ แต่จะถ่ายทอดแบบทวีคูณ คือ สารพิษจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับชั้นของการบริโภค (Trophic Level) ซึ่งหากสารพิษดังกล่าวมีปริมาณมากเกินขีดจำกัดสูงสุดหรือไม่เป็นไปตามกฎ Limiting Factor ก็จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารพิษแสดงอาการของโรคอันเนื่องมาจากสารพิษนั้นได้ และหากถ้าไม่มีวิธีกำจัดแล้วปล่อยให้สะสมในห่วงโซ่อาหาร ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศโดยรวมได้

2.1.7 การสูญเสียธาตุอาหารไปจากระบบนิเวศ

ระบบนิเวศแต่ละแห่งอาจจะมีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปนอกระบบได้ โดยมีสาเหตุใหญ่ๆ มาจากสาเหตุ 5 ประการ คือ

1) สูญเสียไปโดยมนุษย์ กิจกรรมบางอย่างเป็นการทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปจากระบบนิเวศเป็นอันมาก เช่น การทำไม้ การทำเกษตรกรรม

2) สูญเสียไปโดยสัตว์ โดยธรรมชาติธาตุอาหารที่สัตว์บริโภคเข้าไปจะหมุนเวียนกลับคืนสู่ระบบนิเวศได้อีก แต่สัตว์บางชนิดมีการอพยพออกจากระบบนิเวศ จึงเท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศ

3) สูญเสียไปโดยลม ระบบนิเวศที่เป็นที่โล่งมักถูกลมพัดพาออกไปได้ง่ายและไปสะสมอยู่ในระบบนิเวศที่มีสิ่งกีดขวางลม เช่น ป่าที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่น ธาตุอาหารที่อยู่ในฝุ่นละอองจึงถูกเคลื่อนย้ายออกไปนอกระบบนิเวศ

4) สูญเสียไปโดยน้ำ น้ำเป็นตัวการนำธาตุอาหารออกไปจากระบบนิเวศได้ 2 วิธี *วิธีแรก โดยการกัดเซาะ (Erosion)* โดยพัดพาเอาดินและวัตถุหน้าดินบางอย่างไหลบ่าออกไปนอกระบบนิเวศ

วิธีที่สอง โดยการซึมจากผิวดินลงไปข้างล่าง และชะล้างเอาธาตุอาหารไปสะสมอยู่ใน ดินชั้นล่างที่พืชไม่สามารถดูดกลับมาใช้ในระบบนิเวศได้อีก

5) สูญเสียไปโดยขบวนการระเหิด เป็นรูปแบบหนึ่งของขบวนการแปรสภาพของธาตุอาหารในดินไปเป็นก๊าซที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้และอาจถูกเคลื่อนย้ายออกไปนอกระบบ เช่น ธาตุไนโตรเจนอยู่ในดินที่อากาศถ่ายเทได้ดีจะมีปฏิกิริยาบางอย่างเกิดขึ้นทำให้กลายเป็นก๊าซ

2.1.8 การปรับเปลี่ยนระบบนิเวศ (Ecological Succession)

การปรับเปลี่ยนระบบนิเวศ (Ecological Succession) คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ เช่น มีสิ่งมีชีวิตใหม่เกิดขึ้น เกิดชุมชนใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ทำให้เกิดการเปลี่ยนชนิดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในชุมชนแห่งนั้นไปด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะต้องใช้เวลาในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพอสมควร

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิต มีดังนี้

1) ปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา (Geological Cycle) อาจจะทำให้เกิดธารน้ำแข็ง ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ล้วนเป็นสาเหตุให้สมดุลธรรมชาติในกลุ่มสิ่งมีชีวิตเสียไป

2) ปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศอย่างรุนแรงทำให้เกิดภัยพิบัติต่างๆได้ เช่น ไฟป่า น้ำท่วม พายุทอร์นาโด (Tornado) พายุเฮอริเคนส์ (Hericanes) ซึ่งทำให้สภาพแวดล้อมแปรเปลี่ยนไป สิ่งมีชีวิตถูกทำลายไปแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นใหม่

3) ปัจจัยจากสิ่งมีชีวิต (Biotic Factor) ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่า การทำไร่เลื่อนลอย ภาวะมลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นน้ำ และอื่นๆ มากมาย ซึ่งมีผลทำให้สภาพแวดล้อมแปรเปลี่ยนไป ดุลธรรมชาติถูกทำลาย เกิดโรคระบาด แมลงศัตรูพืชระบาด สิ่งมีชีวิตล้มตาย จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตขึ้นใหม่อีก

4) ปฏิกิริยาของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ เนื่องจากกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ทำให้สิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น เช่น ความเป็นกรด – เบส ของพื้นดินหรือแหล่งน้ำ อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแสง ความชื้น และอื่นๆ เปลี่ยนไปทีละเล็กละน้อย จนในที่สุดไม่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตกลุ่มเดิม เกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตใหม่ที่เหมาะสมกว่า
(ศิริพรต ผลสินธุ์, 2534)

การปรับเปลี่ยนของระบบนิเวศ มี 2 ชนิด ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นปฐมภูมิ (Primary Succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในแหล่งที่ไม่เคยปรากฏสิ่งมีชีวิตใดๆ มาก่อน เช่น บริเวณภูเขาไฟระเบิดใหม่ การเกิดแหล่งน้ำใหม่

2) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ขั้นทุติยภูมิ (Secondary Succession) เป็นการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในแหล่งที่เคยมีสิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ก่อนแล้วแต่ถูกทำลายไป จึงมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ขึ้นใหม่ เพื่อกลับ

เข้าสู่สภาพสมดุล เช่น บริเวณที่เคยเป็นป่าถูกบุกเบิกเป็นไร่นา แล้วละทิ้งกลายเป็นทุ่งหญ้าในภายหลัง ต่อมามีไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้ใหญ่ เข้าแทนที่ตามลำดับจนกลายเป็นป่าไม้อีกครั้งหนึ่ง

2.1.9 ประโยชน์ของการรักษาระบบนิเวศ

การรักษาระบบนิเวศให้คงสภาพมีจุดประสงค์เพื่อรักษาสภาพกับดุลของธรรมชาติเพื่อประโยชน์ของมนุษย์เอง ตัวอย่างประโยชน์ของการรักษาระบบนิเวศ ได้แก่

1) ด้านการพักผ่อนหย่อนใจ สภาพธรรมชาติที่อยู่ในภาวะสมดุล ย่อมจะก่อให้เกิดทัศนียภาพที่สวยงาม มีความร่มรื่น เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจได้

2) ด้านการสร้างแหล่งที่อยู่อาศัย (Habitat) ระบบนิเวศที่อยู่ในธรรมชาติจะเป็นแบบอย่างให้มนุษย์จำลองระบบนิเวศขึ้นมาใหม่ เช่น ความร่มรื่นของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่กับสภาพที่มนุษย์ปรับปรุงขึ้นมาที่สวนพฤกษศาสตร์พุแค ความแตกต่างของสถานที่สองแห่งนี้จะเห็นได้ชัดระหว่างธรรมชาติล้วนๆ กับป่าที่มนุษย์ปรับปรุงตกแต่งขึ้น

3) ด้านการศึกษาสภาวะแวดล้อม สภาพของระบบนิเวศหรือองค์ประกอบแต่ละส่วนของระบบนิเวศ สามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้สภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ เช่น การคดงอของหางลูกกบ เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าเกิดจากยากำจัดศัตรูพืชและจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ การม้วนของใบพืชบางชนิดเกิดเนื่องจากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นมลสารในอากาศ

4) ด้านการวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์ การวิจัยทางวิทยาศาสตร์บางครั้งต้องใช้ตัวอย่างที่เหมาะสม เช่น หอยทากชนิดหนึ่งมีระบบประสาทที่ง่ายและน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักประสาทวิทยา หรือลิงใหญ่ เช่น อุรังอุตัง ชิมแพนซี ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับมนุษย์ก็พบในธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนจากอิทธิพลของมนุษย์

5) ด้านการอนุรักษ์ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงให้เสื่อม-โทรม ก่อให้เกิดความหวาดกลัวในหมู่มนุษย์ เนื่องจากเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วเป็นการยากที่จะทำให้กลับมามีสภาพดังเดิมและการเปลี่ยนแปลงอาจก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อมนุษย์ เช่น การทำลายป่า การถมคลอง หนอง บึง ทำให้เกิดความแห้งแล้ง น้ำท่วม น้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการรักษาระบบนิเวศให้คงสภาพตามธรรมชาติ หรือก่อให้เกิดความสมดุลอย่างเสมอจะอำนวยประโยชน์ให้แก่มนุษย์อย่างมากมาย แนวความคิดในเรื่องของนิเวศพัฒนาจึงเกิดขึ้น

2.2 ความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบในระบบนิเวศต่างมีบทบาทหรือหน้าที่ของตนเอง ซึ่งสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่จะอยู่ร่วมกับสิ่งต่างๆ ได้ ความสัมพันธ์จะกระทำร่วมกันตั้งแต่สิ่งสองสิ่งจนเป็นกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ สุดท้ายก็จะแสดงเอกลักษณ์ของระบบนั้นๆ ภายในระบบนั้นจะมีสิ่งแวดล้อมอยู่หลายประเภท

ดังนั้น ในระบบนิเวศจึงมีระบบย่อยหลายๆ ระบบ ซึ่งการรวมกลุ่มของระบบย่อยนั้นจะเป็นกลุ่มของสิ่งแวดล้อมเฉพาะเป็นหลัก บางครั้งจึงเรียกระบบย่อยในระบบนิเวศนี้ว่า *ระบบสิ่งแวดล้อม (Environmental Systems)* เช่น ระบบนิเวศป่าไม้ จะประกอบด้วย ระบบ (สิ่งแวดล้อม) น้ำ ระบบ (สิ่งแวดล้อม) ดิน ระบบ (สิ่งแวดล้อม) สัตว์ป่า ระบบ (สิ่งแวดล้อม) พืช ฯลฯ ในทางปฏิบัติแล้วระบบนิเวศมักใช้เหมือนหรือแทนกันได้กับคำว่าระบบสิ่งแวดล้อม บางกรณีจะใช้คำเฉพาะร่วมกับระบบนิเวศก็จะทำให้เข้าใจได้เลยว่าเป็นระบบสิ่งแวดล้อม เช่น ระบบนิเวศเมือง ระบบนิเวศป่าไม้ ทำให้เข้าใจได้ว่าเป็นระบบสิ่งแวดล้อมของเมืองหรือป่าไม้

2.2.1 โครงสร้างและหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบในฐานะเป็นองค์ประกอบและทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งในระบบนิเวศ การที่สิ่งมีชีวิตทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศ เรียกว่า *"Ecological Niches"* นอกจากสิ่งมีชีวิตจะทำหน้าที่ในการดำรงลักษณะทางรูปธรรมอยู่ในระบบนิเวศ หรือสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังทำหน้าที่รับส่งธาตุและพลังงานในสิ่งแวดล้อมตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและชีวบริเวณด้วย

สิ่งมีชีวิตมีภาระต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) ภาระของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมเดียวกันย่อมต่างกัน กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันย่อมมีภาระหน้าที่ต่อสิ่งแวดล้อมต่างกัน แม้จะอาศัยอยู่ในถิ่นที่อยู่ (Habital) เดียวกัน แต่สิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันอาจอาศัยอยู่ในระบบนิเวศที่คล้ายกันและมีภาระหน้าที่ต่อสิ่งแวดล้อมคล้ายกันได้ ตัวอย่างเช่น ม้าลายในแอฟริกา จิงโจ้ในออสเตรเลีย ต่างอยู่ในระบบนิเวศทุ่งหญ้า

2) ลักษณะความสัมพันธ์บางอย่างคล้ายกัน กล่าวคือ การกระทำหรือถูกกระทำของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศที่สำคัญจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น นกกินปรสิตที่อยู่บนสัตว์อื่นในแอฟริกา นกกระยางจะจับแมลงที่อยู่ใกล้ช้าง

3) การกำหนดลักษณะความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น แสงแดด ความชื้น ธาตุอาหารในดิน ฯลฯ จะเป็นปัจจัยกำหนดลักษณะความสัมพันธ์หรือภาระของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ในดินที่ชื้นพวกหนอนหรือไส้เดือนจะช่วยผสานองค์ประกอบต่างๆ ของดินทำให้เกิดฮิวมัส ส่วนในดินที่แห้งหนอนหรือไส้เดือนเกิดไม่ได้ก็มีมดเข้าไปทำรังเป็นที่อยู่อาศัย

การเรียนรู้เกี่ยวกับ Ecological Niches จะช่วยให้เกิดความระมัดระวังในการเปลี่ยนแปลงหรือนำสิ่งแวดล้อมเข้าไปในระบบนิเวศ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางกายภาพอาจทำให้สิ่งมีชีวิตเปลี่ยนการทำถิ่นที่อยู่หรือเปลี่ยนนิสัยการกินอาหาร สิ่งมีชีวิตจะกระทำต่อสิ่งแวดล้อมทั้งเป็นผู้ให้และผู้รับไปพร้อมกัน นั่นคือสิ่งมีชีวิตเป็นตัวประกอบ (Element) ที่สำคัญของระบบนิเวศอย่างหนึ่งซึ่งต้องทำหน้าที่ทั้งเป็นผู้ให้และผู้รับที่สมดุลกัน การเพิ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตใดๆ มากเกินไปย่อมทำให้ระบบนิเวศหรือสิ่งแวดล้อมขาดสมดุล (วินัย วีระวัฒนานนท์ และบานชื่น สีพันผ่อง, 2537)

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมทั้งหลายไม่ว่าจะอาศัยอยู่ที่ใดก็ตาม จะต้องมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมนั้น ไม่เคยปรากฏว่าสิ่งมีชีวิตใดในธรรมชาติจะอยู่ได้โดยลำพังเพียงตัวเดียว สิ่งมีชีวิตทั้งมวลต่างเกี่ยวข้องร่วมมือกัน พึ่งพากัน อยู่ร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนกัน เป็นสิ่งแวดล้อมให้แก่กัน ควบคุมสมดุลของจำนวนระหว่างชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมนี้ ทำให้มีการจัดตัวเป็นแบบแผนเฉพาะและมีการทำงานอย่างมีระบบเกิดขึ้น ซึ่งแตกต่างไปจากชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่นๆ แบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกันนี้เรียก *"Pattern of Diversity"* มีดังนี้

1) Stratification Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีการกระจายสิ่งมีชีวิตอยู่ทั่วไปในลักษณะเป็นแนวตั้ง (Vertical Layering) เช่น ต้นไม้ ที่มีระดับขนาดแตกต่างกันในพวกไม้ยืนต้น ไม้พุ่มและไม้ล้มลุก

2) Zonation Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีการกระจายของสิ่งมีชีวิตต่อเนื่องลดหลั่นกันไป เนื่องจากความแตกต่างกันของระดับความอดทนที่มีต่อสภาพแวดล้อมที่แปรเปลี่ยนไปทีละน้อยทำให้เกิดเป็นเขตต่างๆ ขึ้น

3) Activity Pattern แบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตแบบนี้เกิดจากการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม การทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตบางพวกออกหากินเวลากลางคืนบางพวกก็ออกหากินในเวลากลางวัน ซึ่งทั้งสองพวกนี้จะมีความไวคนละช่วงเวลา(Periodicity) ทำให้แบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา

4) Food Web Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากความสัมพันธ์เชิงอาหาร (Food Relationship) ในลักษณะที่ซับซ้อนหรือที่เรียกว่า *"สายใยอาหาร"* ซึ่งมีผลดีและให้ประโยชน์ในการถ่ายทอดพลังงานและรักษาสมดุลของธรรมชาติ

5) Reproductive Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการสืบพันธุ์

6) Social Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการรวมฝูงกัน เช่น โขลงช้าง ฝูงลิง ฝูงนก ฝูงปลา

7) Coactive Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากความสัมพันธ์ในการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตที่มีการกระทบกระทั่งกันซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น ภาวะพึ่งพากัน ภาวะอิงอาศัย การแข่งขัน และ Antibiosis

8) Stochastic Pattern เป็นแบบแผนของชุมชนหรือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการพัดพาของกระแสลม กระแสน้ำ เช่น แพลงตอน แมงกะพรุน จอก แหน ผักตบชวา เป็นต้น ซึ่งมีการผันแปรตลอดเวลาทำให้มีแบบแผนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแรงธรรมชาติ

2.2.3 การแพร่กระจายของพืชและสัตว์

ในแต่ละส่วนของโลกจะพบว่ามีชนิดและปริมาณของพืชและสัตว์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน เช่น บริเวณป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบ ป่าสน ทุ่งหญ้า ทะเลทราย แม่น้ำ ทะเล ทะเลสาบ และมหาสมุทร ในแต่ละบริเวณดังกล่าวนี้สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ระบบการดำรงชีวิตแตกต่างกันไป พวกที่ปรับตัวไม่เหมาะสมก็ตายไปหรือย้ายถิ่นฐานกระจายออกไปสู่บริเวณอื่นๆ ต่อไป จึงทำให้เกิดการแพร่กระจายของพืชและสัตว์ แต่เนื่องจากสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดยังไม่มีความสมบูรณ์ด้วยตนเอง จึงไม่พบพืชและสัตว์ชนิดหนึ่งชนิดใดในทุกส่วนของโลกได้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ควบคุมการแพร่กระจายของพืชและสัตว์ เช่น สภาพการแบ่งแยกทางภูมิศาสตร์เป็นสิ่งกีดขวางที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของประชากรสำหรับพืชและสัตว์บก โดยจะมีเทือกเขาสูง แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร เป็นสิ่งกีดขวางการแพร่กระจาย สำหรับสัตว์น้ำในทะเล และมหาสมุทรสิ่งกีดขวางการแพร่กระจาย คือ กระแสน้ำ อุณหภูมิของมวลน้ำ ในสัตว์บางชนิดที่สามารถเดินทางได้ไกล เช่น นก ก็ยังมีมหาสมุทรเป็นสิ่งกีดกั้นการแพร่กระจายจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเปลือกโลกทำให้เกิดการเชื่อมของแผ่นดิน จึงทำให้มีการแพร่กระจายข้ามทวีปได้ (กฤษณ์ มงคลปัญญา และอมรา ทองปาน, 2540)

2.2.4 การปรับตัวของสิ่งมีชีวิต

การปรับตัว หมายถึง การที่สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหรือการปรับลักษณะเพื่อให้เหมาะสมที่จะอยู่รอดและแพร่พันธุ์ได้ในสภาพแวดล้อม การปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ รูปแบบการปรับตัวอาจสรุปได้เป็น 3 แบบ คือ

1) การปรับตัวทางรูปร่างลักษณะหรือทางสัณฐาน (Morphological Adaptation) เป็นการปรับลักษณะ รูปร่าง และอวัยวะภายนอกของสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นโกงกางที่อยู่ตามป่าชายเลนมีรากค้ำจุนช่วยให้ไม่ล้มง่าย ผักกระเฉดมีทุ่นช่วยในการลอยตัว

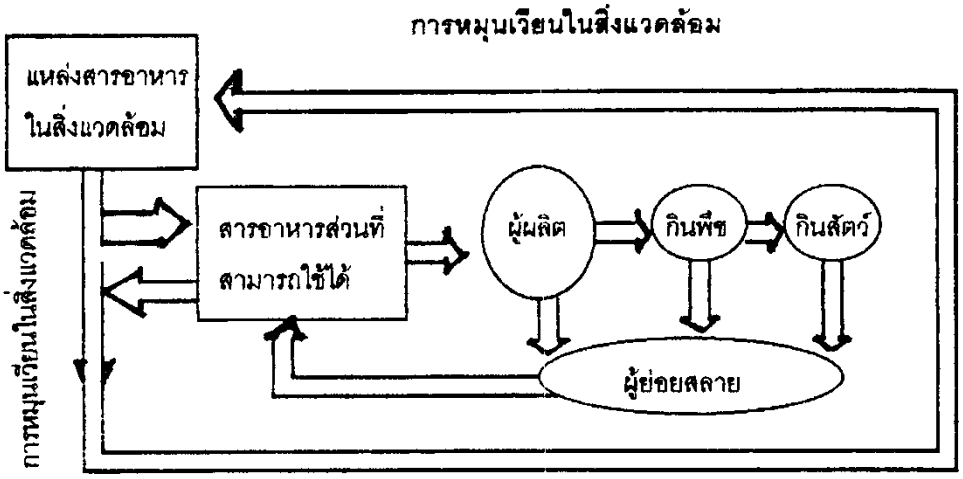
2) การปรับตัวทางสรีระวิทยา (Physiological Adaptation) เป็นการปรับหน้าที่การทำงานของอวัยวะ เช่น สัตว์เลือดอุ่นมีต่อมเหงื่อสำหรับขับเหงื่อระบายความร้อน นกทะเลมีต่อมขับเกลือ (Nasal Gland) สำหรับขับเกลือส่วนเกินออกนอกร่างกาย

3) การปรับตัวทางพฤติกรรม (Behavior Adaptation) เป็นการปรับการดำรงชีวิต เช่น การออกหากินกลางคืนของสัตว์ทะเลทราย การพันหลักของตำลึง การจำศีลของสัตว์ เพื่อหลบเลี่ยงสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

2.2.5 การหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศ

การหมุนเวียนของแร่ธาตุและการถ่ายทอดพลังงาน ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของระบบนิเวศโดยมีสังคมของสิ่งมีชีวิตเป็นตัวควบคุมขบวนการทั้งสองและทำให้ระบบนิเวศคงอยู่ได้ การหมุนเวียนของ

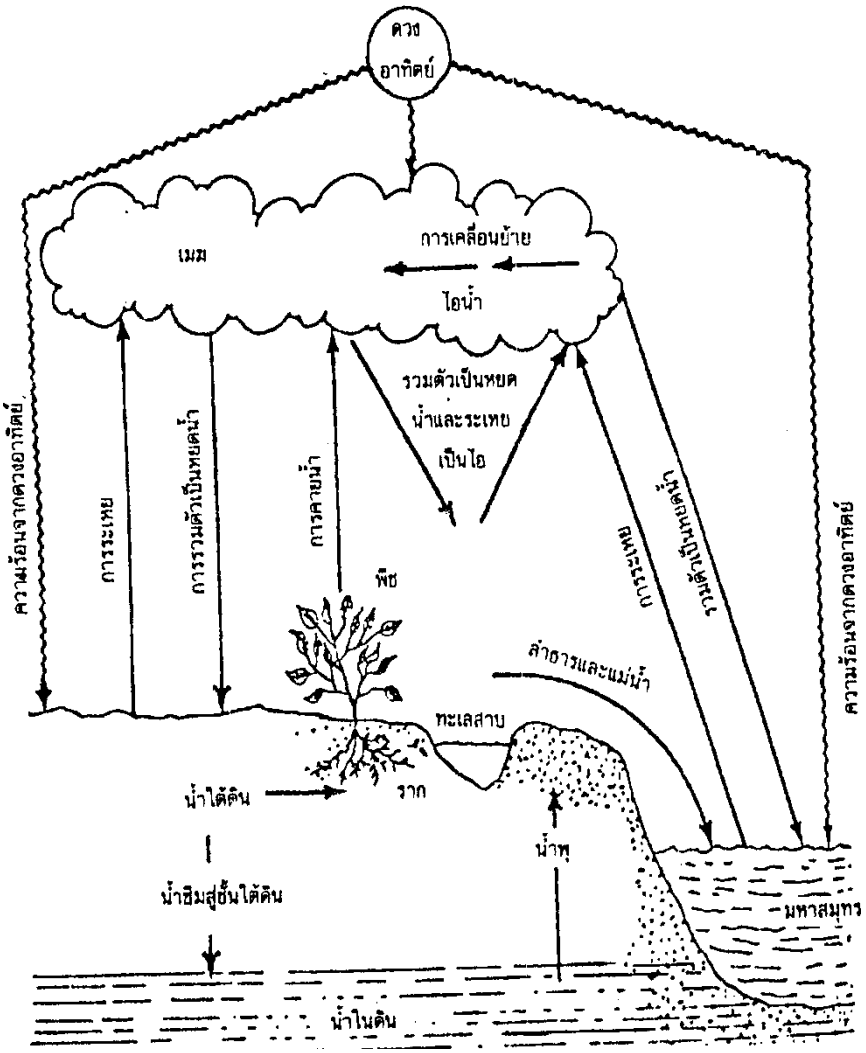
แร่ธาตุเป็นวัฏจักรจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่สิ่งมีชีวิตและจากสิ่งมีชีวิตถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมอีก มีลักษณะหมุนเวียนสับเปลี่ยนกันไป เราจึงเรียกว่า *การหมุนเวียนของธาตุอาหาร (Nutrient Cycle)* และการหมุนเวียนของธาตุอาหารนี้มีปฏิกิริยาทางเคมีและกายภาพที่เกิดขึ้นทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงเรียกว่า *การหมุนเวียนทางชีวธรณีเคมี (Biogeochemical Cycle)* ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงการหมุนเวียนของสสารระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
ที่มา : http://human.uru.ac.th/Major_online/SOC/02Ecosystem/Life_2.htm

2.2.5.1 วัฏจักรน้ำ (Hydrologic Cycle in Ecosystem)

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย น้ำมีอยู่ในโลกทั้งหมดราว 1,350 ล้านลูกบาศก์กิโลเมตร ประมาณร้อยละ 1 ของน้ำจำนวนนี้จะอยู่ในทะเลสาบ แม่น้ำลำคลองและใต้ดิน ปริมาณน้ำจำนวนหนึ่งจะถูกส่งผ่านไปมาในบรรยากาศ น้ำที่ถูกส่งเข้าสู่บรรยากาศจะตกลงเป็นฝนหรือหิมะในปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณน้ำทั้งหมดจะอยู่ในทะเล มหาสมุทรร้อยละ 97 อยู่ใต้ดินร้อยละ 0.6 อยู่ในดินร้อยละ 0.2 อยู่ในลักษณะของน้ำแข็งร้อยละ 2.1 และอยู่ในลักษณะของไอน้ำที่ลอยอยู่ในบรรยากาศ ร้อยละ 0.001



ภาพที่ 2.8 วัฏจักรน้ำ

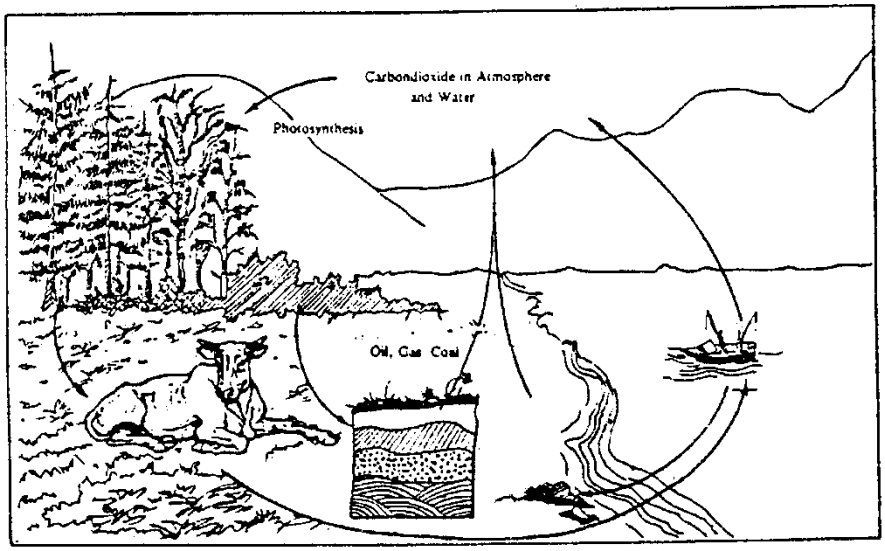
ที่มา : ทบวงมหาวิทยาลัย, 2530

จากภาพที่ 2.8 พลังงานจากแสงอาทิตย์ทำให้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ระเหยกลายเป็นไอ พืชเมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ก็มีการคายน้ำออกสู่บรรยากาศ ไอน้ำเมื่อลอยสูงขึ้นสู่บรรยากาศก็จะรวมตัวกันเป็นเมฆแล้วตกลงมาเป็นฝน บางส่วนถูกดูดเก็บไว้ในดิน ส่วนที่ไม่ได้ดูดเก็บไว้ก็ไหลลงสู่ลำธาร แม่น้ำ ทะเลสาบ แล้วลงสู่มหาสมุทรต่อไป น้ำในดินถ้าลงชั้นหินใต้ดินที่เก็บน้ำไว้ได้ก็จะเป็นแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งอาจกลับขึ้นสู่ผิวโลกตามธรรมชาติเป็นน้ำพุร้อนหรือด้วยการขุดเจาะน้ำกลับมาใช้ได้ น้ำส่วนที่อยู่ในดินชั้นบนก็ถูกดูดมาใช้โดยพืช สัตว์ได้รับน้ำโดยตรงจากแหล่งน้ำหรือจากพืชแล้วปล่อยน้ำออกมากับของเสียและการหายใจกลับสู่บรรยากาศ จึงเห็นได้ว่า น้ำสามารถหมุนเวียนเข้าสู่สิ่งมีชีวิตแล้วกลับออกมาได้

วัฏจักรของน้ำจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตมากเพราะน้ำเป็นตัวละลายที่ดี สามารถนำแร่ธาตุที่จำเป็นเข้าสู่พืชเพื่อสร้างเป็นสารอาหารให้แก่สิ่งมีชีวิต การเรียนรู้วัฏจักรของน้ำจึงมีประโยชน์มากโดยเฉพาะด้านการอนุรักษ์สิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม เป็นต้น

2.2.5.2 วัฏจักรของคาร์บอน (Carbon Cycle)

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการธาตุคาร์บอน (C) เพราะเป็นธาตุหลักในสารประกอบอินทรีย์ทุกชนิด คาร์บอนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการหมุนเวียนระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 0.04 และในน้ำซึ่งอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระหรือรูปของไบคาร์บอเนต



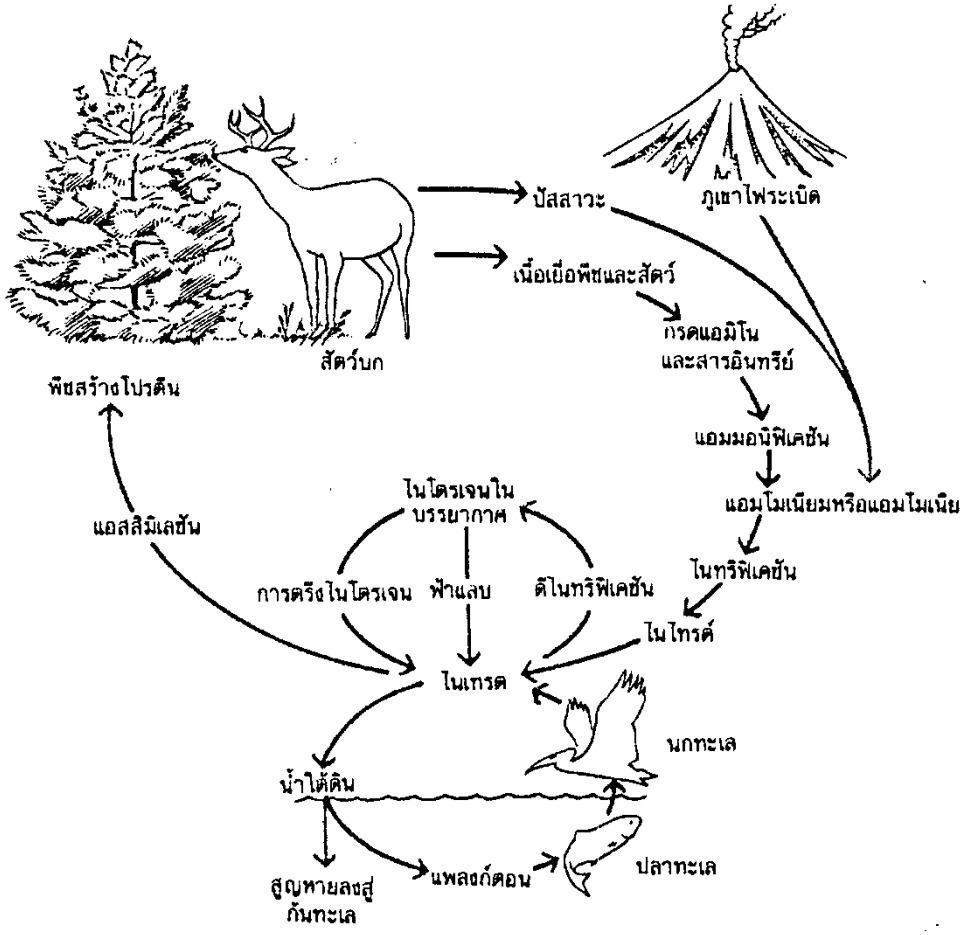
ภาพที่ 2.9 แสดงวัฏจักรคาร์บอน

ที่มา : http://human.uru.ac.th/Major_online/SOC/02Ecosystem/Life_2.htm

จากภาพที่ 2.9 คาร์บอนที่อยู่ในอากาศจะอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกพืชนำไปสร้างเป็นสารอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจะถูกถ่ายทอดไปยังสัตว์โดยการกิน ในที่สุดทั้งพืชและสัตว์จะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศด้วยการหายใจ บางส่วนที่ยังคงอยู่ในรูปของเนื้อเยื่อพืชและสัตว์จะมีการหมุนเวียนกลับสู่บรรยากาศใหม่หลังจากพืชและสัตว์ตายและมีการย่อยสลายเกิดขึ้น นอกจากนี้บางส่วนที่ไม่ย่อยสลายก็ทับถมกันเป็นเวลานานกลายเป็นถ่ายหิน น้ำมันและก๊าซ เมื่อมนุษย์นำมาใช้เกิดการเผาไหม้ก็จะได้คาร์บอนไดออกไซด์คืนสู่บรรยากาศ นอกจากนี้ยังได้จากการระเบิดของภูเขาไฟเป็นครั้งคราว

2.2.5.3 วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างโปรโตพลาสซึมของสิ่งมีชีวิต โดยจะเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน ในบรรยากาศมีก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 78 สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง แต่จะใช้ได้เมื่ออยู่ในสภาพของสารประกอบแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ไนโตรเจนในบรรยากาศจึงต้องเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสภาพที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะใช้ได้



ภาพที่ 2.10 แสดงวัฏจักรไนโตรเจน

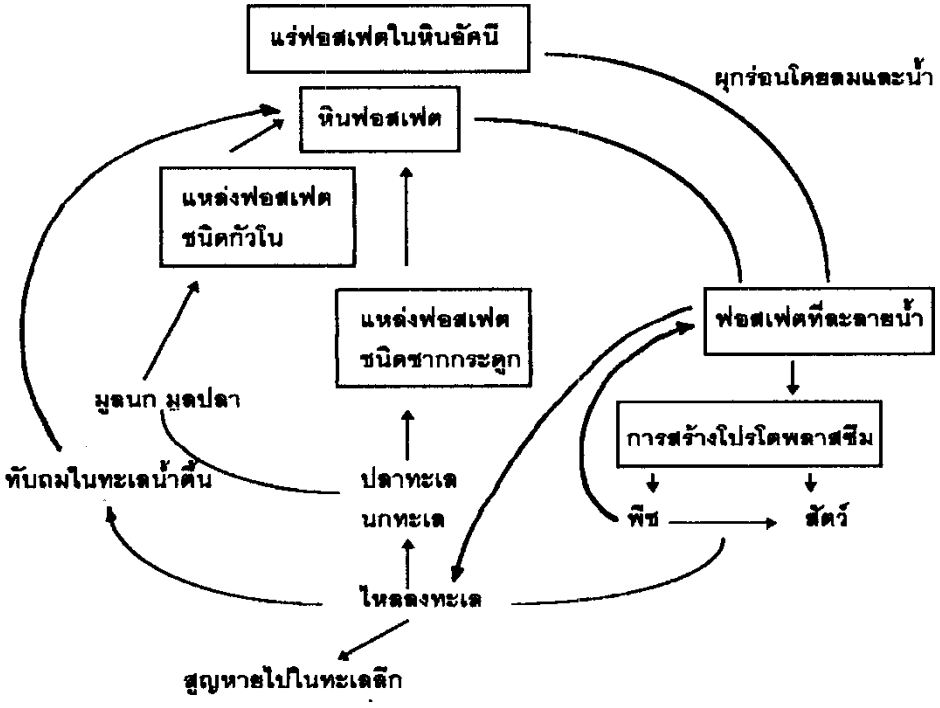
ที่มา : http://human.uru.ac.th/Major_online/SOC/02Ecosystem/Life_2.htm

จากภาพที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า วัฏจักรไนโตรเจนประกอบด้วยขบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) ขบวนการสร้างแอมโมเนีย (Ammonification) ขบวนการสร้างไนเตรท (Nitrification) และขบวนการสร้างไนโตรเจน (Denitrification) ซึ่งขบวนการเหล่านี้จะต้องอาศัยแบคทีเรีย จุลินทรีย์อื่น ๆจำนวนมากจึงทำให้เกิดสมดุลของวัฏจักร นอกจากจะถูกตรึงโดยสิ่งมีชีวิตแล้ว ไนโตรเจนในบรรยากาศยังถูกตรึงจากธรรมชาติอีกด้วย เป็นต้นว่า เมื่อเกิดฟ้าแลบขึ้นมาไนโตรเจน

ในท้องฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฟิสิกส์ ก่อให้เกิดสารประกอบไนเตรดขึ้นมา จากนั้นจะถูกน้ำฝนชะล้างพาลงสู่พื้นดินต่อไป

2.2.5.4 วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus Cycle)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตเพราะเป็นองค์ประกอบของ DNA, RNA และ ATP ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่อยู่ในธรรมชาติน้อยมากและเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงถูกใช้หมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในปริมาณที่จำกัด ดังนั้น ฟอสฟอรัสจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหลายชนิด



ภาพที่ 2.11 แสดงวัฏจักรฟอสฟอรัส

ที่มา : http://human.uru.ac.th/Major_online/SOC/02Ecosystem/Life_2.htm

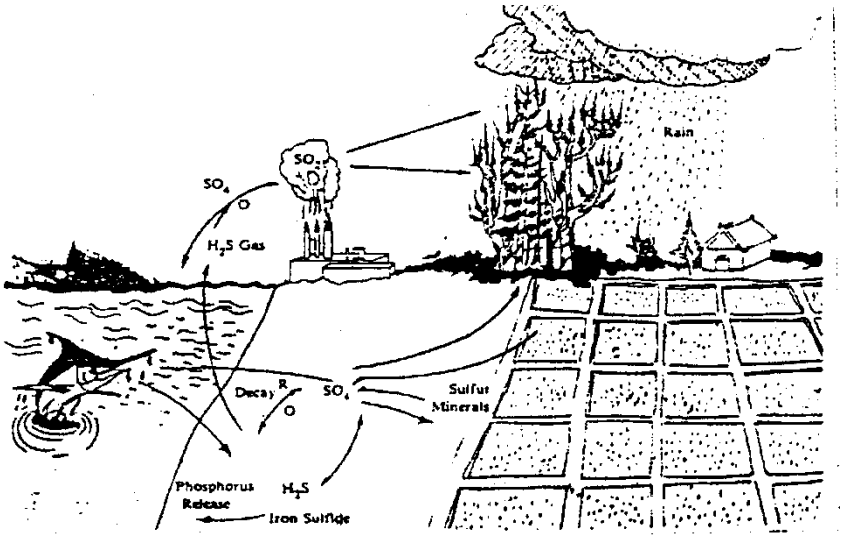
จากรูปที่ 2.12 ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินฟอสเฟตหรือแร่ฟอสเฟต เมื่อถูกกัดกร่อนโดยน้ำ และกระแสลมปะปนอยู่ในดินแล้วถูกน้ำชะล้างให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้และถ่ายทอดไปในระบบนิเวศตามห่วงโซ่อาหาร เมื่อตายลงก็จะถูกย่อยสลายด้วยพอสฟาไทโดยแบคทีเรีย (Phosphatizing Bacteria) ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ส่วนนี้นอกจากพืชจะนำไปใช้โดยตรงแล้ว ยังถูกกระบวนการชะล้างพัดพาลงสู่ทะเล มหาสมุทร ปะปนอยู่ในดินตะกอน

ทั้งทะเลลึกและตื้น และถูกสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในทะเลนำมาใช้ถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารจนถึงปลาขนาดใหญ่และนกทะเล เมื่อสัตว์พวกนี้ตายลงเกิดการสะสมเป็นแหล่งสะสมชนิดกัวโน (Guano) ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของมูลนกและกระดูกนกเช่นเดียวกับมูลค้างคาว ธาตุไนโตรเจนที่เกิดร่วมอยู่ด้วยในมูลสัตว์เหล่านี้ละลายน้ำได้ดีมาก จึงถูกพัดพาไปหมดคงเหลือไว้แต่ธาตุฟอสฟอรัสที่สลายตัวยากนำมาใช้ไม่ได้ จากนั้นจะเริ่มวัฏจักรใหม่อีกครั้ง

ปัจจุบันฟอสฟอรัสมีส่วนทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำได้ เนื่องจากผงซักฟอกซึ่งมีฟอสเฟตเป็นส่วนผสม เมื่อปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธารทำให้พืชน้ำบางชนิด เช่น สาหร่าย ผักตบชวาเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งทำให้เกิดปัญหาแก่แหล่งน้ำมากขึ้น

2.2.5.5 วัฏจักรซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle)

ซัลเฟอร์ หรือกำมะถันเป็นธาตุที่สำคัญในการเจริญเติบโตและเมตาโบลิซัมของสิ่งมีชีวิต ดังนั่นถ้าขาดกำมะถันจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ กำมะถันที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในสภาพของแร่ธาตุและในสภาพของสารประกอบหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และซัลเฟต (SO_4)



ภาพที่ 2.12 แสดงวัฏจักรซัลเฟอร์

ที่มา : http://human.uru.ac.th/Major_online/SOC/02Ecosystem/Life_2.htm

จากภาพที่ 2.13 สารประกอบอินทรีย์ในพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยปฏิกิริยาของแบคทีเรียและถูกเปลี่ยนต่อจนกลายเป็นซัลเฟต ซึ่งพืชจะนำกลับไปใช้ได้ กำมะถันในซากของพืชและสัตว์ บางส่วนจะถูกสะสมและถูกตรึงไว้ในถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม เมื่อมีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เมื่อก๊าซนี้อยู่ในบรรยากาศ

จะรวมตัวกับละอองน้ำตกลงมาเป็นเม็ดฝนของกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งจะกัดและทำให้สิ่งก่อสร้างต่างๆ สึกกร่อนและเป็นอันตรายต่อการหายใจของคน

วัฏจักรต่างๆ เหล่านี้เป็นวัฏจักรที่สำคัญในการรักษาสมดุลธรรมชาติ (Balance of Nature) ยังมีวัฏจักรอื่นๆ อีกหลายอย่างในธรรมชาติ แต่ละวัฏจักรก็มีระบบภาวะธำรงดุลของตนเอง ถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบถูกทำลายไปก็จะส่งผลกระทบไปยังวัฏจักรอื่นๆ ทำให้สมดุลธรรมชาติเสียหาย การที่สารต่างๆ มีการหมุนเวียนกลับคืนสู่ธรรมชาติทำให้ปริมาณสารที่มีอยู่ในธรรมชาติไม่หมดสิ้นไป ซึ่งสารในธรรมชาติจะมีอยู่ในปริมาณที่สมดุลกับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้นๆ ดุลธรรมชาติจึงเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตด้วยกัน กับสิ่งไม่มีชีวิตในธรรมชาติ

2.2.6 ความสมดุลในธรรมชาติ

สมดุลทางธรรมชาติ เป็นภาวะการณ์ทางธรรมชาติของระบบนิเวศที่ระบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็นไปอย่างสมบูรณ์ หมายความว่า บรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในระบบนิเวศจะต้องทำหน้าที่ครบถ้วน 3 กลุ่ม คือ มีทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย ในส่วนของสิ่งไม่มีชีวิตเองก็ทำหน้าที่สนับสนุนอย่างต่อเนื่องไม่ขาดหาย ความสมดุลทางธรรมชาติมีความแตกต่างกันไปตามความแตกต่างของระบบนิเวศ ซึ่งในธรรมชาติระบบนิเวศจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นไปโดยธรรมชาติหรือโดยมนุษย์ก็ได้ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเป็นไปได้ 2 แบบ คือ ***แบบกะทันหัน*** และ ***แบบค่อยเป็นค่อยไป*** การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศโดยธรรมชาติแบบกะทันหัน ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลและมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้ตายหรือสูญพันธุ์ไป เช่น การเกิดไฟไหม้ป่า อุทกภัย การเกิดโรคระบาด ฯลฯ สำหรับการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปตามธรรมชาติเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยมาก แต่เมื่อระยะเวลานานเข้าการเปลี่ยนแปลงจะมีมากขึ้นซึ่งจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างเด่นชัดขึ้น เช่น ทุ่งนาหรือไร่ร้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นทุ่งหญ้าและพืชพวกไม้พุ่มในเวลาต่อมา จนในที่สุดหากไม่มีสิ่งแวดล้อมภายนอกมารบกวนก็จะกลายเป็นป่าที่สมบูรณ์ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้

การสูญเสียความสมดุลในระบบนิเวศอาจเกิดขึ้นจากธรรมชาติหรือมนุษย์ทำให้องค์ประกอบของระบบนิเวศถูกเปลี่ยนแปลงไป หากเกิดโดยธรรมชาติระบบนิเวศจะช่วยแก้ไขได้ด้วยตัวเอง แต่ถ้าเกิดจากมนุษย์จะแก้ไขได้ยากมาก เมื่อมนุษย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนาวิถีชีวิตมากขึ้นด้วยเทคโนโลยี ทำให้ความเป็นอยู่สุขสบายมากขึ้นมนุษย์จึงได้ชื่อว่า *"เป็นตัวการทำลายระบบนิเวศมากที่สุด"*

2.2.6.1 สาเหตุที่ทำให้ระบบนิเวศเสียความสมดุล

1) การเพิ่มของประชากร ทำให้ความต้องการใช้ที่ดินทำการเกษตรมากขึ้น ในประเทศกำลังพัฒนาโดยเฉพาะเขตร้อนประชากรจะบุกเบิกป่าใหม่ๆ เพื่อใช้พื้นที่ทำไร่เลื่อนลอยทำให้ดิน ป่าไม้ สภาวะแวดล้อมเสียหายปีละจำนวนมาก

2) การเกษตรสมัยใหม่ การเกษตรในปัจจุบันส่วนใหญ่มุ่งเพื่อการค้ามากขึ้น มีการใช้ปุ๋ย และยาฆ่าแมลงจำนวนมาก สารเหล่านี้จะตกค้างในดินและอาจถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีผลต่อชีวิตสัตว์ในดินและในน้ำ

3) การขยายตัวของเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้ความต้องการที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น เมืองขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้พื้นที่การเกษตรถูกใช้ไปเพื่อการสร้างตึก ศูนย์การค้า ถนน ระบบนิเวศเปลี่ยนไป การถ่ายเทของเสียจากเมืองก่อให้เกิดมลพิษของน้ำและอากาศ

4) การอุตสาหกรรม การพัฒนาอุตสาหกรรมทำให้ทรัพยากรถูกใช้เป็นวัตถุดิบมากยิ่งขึ้น กระบวนการผลิตทำให้มีของเสีย เช่น น้ำเสีย ไอเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในบริเวณที่โรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่และบริเวณใกล้เคียง

2.2.6.2 การรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ

การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแบบค่อยเป็นค่อยไปตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ที่เป็นปัญหาทุกวันนี้ คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยมนุษย์มีผลกระทบต่อมนุษย์เองและสิ่งแวดล้อมอื่นอย่างรุนแรง จำเป็นที่จะต้องมีมาตรการหลายอย่าง รวมทั้งการใช้หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) สำรวจ (Exploration) เช่น การสำรวจแหล่งแร่ แหล่งก๊าซธรรมชาติ แหล่งน้ำ ว่ามีอยู่ที่ใด เป็นปริมาณเท่าไร สามารถนำมาใช้ได้หรือไม่

2) การป้องกัน (Protection) ป้องกันสิ่งที่ใช้แล้วมิให้เป็นพิษภัย เกิดความเสื่อมโทรมหรือถูกทำลาย

3) การลดอัตราความเสื่อมสูญ (Elimination of Waste) หมายถึงการใช้ให้ได้ประโยชน์อย่างเต็มที่มีส่วนเสียหรือส่วนที่ไม่ใช้ประโยชน์น้อยที่สุด

4) การใช้สิ่งที่มีคุณภาพรองลงมา (Use Lower - Grade Material) ทำให้มีทรัพยากรที่ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด

5) การปรับปรุงคุณภาพ (Improve The Quality) นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบเทคนิคและวิธีการใหม่ๆ ในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีคุณภาพต่ำ เช่น ปรับปรุงดินจืดดินเสื่อมให้อุดมสมบูรณ์

6) การนำมาทดแทนกัน (Substitution) ทรัพยากรไม้เหลือเฟือและทำได้ง่ายจะถูกนำมาทดแทนทรัพยากรที่มีน้อยและหาได้ยาก

7) การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก (Re-Cycling) เช่น ใช้เศษแก้วมาทำขวดใหม่ ใช้เศษกระดาษมาทำกระดาษ

2.3 ความหลากหลายทางชีวภาพ

2.3.1 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต (Species Diversity)

ความหลากหลายในเรื่องของสิ่งมีชีวิต หมายถึง ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (Species) ที่มีอยู่ในพื้นที่หนึ่งซึ่งมีความหมายอยู่ 2 แง่ ได้แก่ ความมากชนิด (Species Richness) คือ จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยเนื้อที่ อีกแง่หนึ่ง คือ ความสม่ำเสมอของชนิด (Species Evenness) หมายถึง สัดส่วนของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่มีอยู่ในที่นั้น ในพื้นที่หนึ่งๆ จะมีความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (Species Diversity) มากที่สุดก็ต่อเมื่อมีจำนวนสิ่งมีชีวิตมากมายหลายชนิดและแต่ละชนิดมีสัดส่วนเท่าๆ กัน ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตนั้นแตกต่างไปตามพื้นที่

2.3.2 ความหลากหลายของระบบนิเวศ (Ecosystem Diversity)

ความหลากหลายของระบบนิเวศมี 3 ประเด็น คือ

1) ความหลากหลายของถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ (Habitat Diversity) เช่น ผืนป่าภาคตะวันตกของไทยมีลำน้ำใหญ่ไหลผ่าน จะพบถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติมากมาย คือ ลำน้ำ หาดทราย ห้วยเล็กห้วยน้อย อันเป็นลำน้ำสาขาพรุมีน้ำขัง โดยในแต่ละถิ่นกำเนิดก็มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วที่ใดที่มีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติหลากหลายที่นั้นจะมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายตามไปด้วย

2) ความหลากหลายของการทดแทน (Successional Diversity) ในป่ามีการทดแทนของสังคมพืช กล่าวคือ เมื่อป่าถูกทำลายจะโดยวิธีการใดก็ตามเกิดเป็นที่โล่ง ต่อมาจะมีพืชเบิกนำ เช่น มีหญ้าคา สาบเสือ เกิดในที่โล่งนี้ เมื่อกาลเวลาผ่านไปก็มีต้นไม้เนื้ออ่อนโตเร็วเกิดขึ้น เช่น กระทุ่มน้ำ ปอหูข้าง และหากปล่อยไว้โดยไม่มีการรบกวนป่าดั้งเดิมก็จะกลับมาอีกครั้งเราเรียกกระบวนการนี้ว่า การทดแทนทางนิเวศวิทยา ซึ่งกระบวนการนี้จะช่วยรักษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

3) ความหลากหลายของภูมิประเทศ (Landscape Diversity) ในท้องที่บางแห่งมีถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติมากมาย เช่น ลำน้ำ หน้าผา บึง ภูเขา และมีสังคมพืชในหลายๆ ยุคของการทดแทนมีทุ่งหญ้า ป่าโปร่งและป่าทึบ ที่เช่นนี้จะมีสรรพสิ่งมีชีวิตมากมายผิดกับในเมืองหนาวที่มีต้นไม้ชนิดเดียวขึ้นอยู่บนเนื้อที่หลายร้อยไร่มองไปก็เจอเพียงต้นไม้สนเพียงอย่างเดียว

2.3.3 ความหลากหลายของพันธุกรรม (Genetic Diversity)

ความหลากหลายของพันธุกรรม หมายถึง ความหลากหลายของยีนส์ (Genes) ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอาจมียีนส์แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น ข้าวมีสายพันธุ์นับพันชนิด สิ่งมีชีวิตใดก็ตามที่ถูกทำลายทำให้มีจำนวนน้อยลง ความหลากหลายทางพันธุกรรมก็สูญเสียทรัพยากรที่มีคุณค่ายิ่ง

2.3.4 ความหลากหลายทางทรัพยากรพันธุ์พืช

ความหลากหลายทางทรัพยากรพันธุ์พืช หมายถึง พืชนานาชนิดที่ขึ้นอยู่ทั่วไป โดยมีความหลากหลายทั้งระบบนิเวศและ/หรือถิ่นที่พืชขึ้นอยู่ อันได้แก่ สภาพของป่าชนิดต่างๆ หรือระบบนิเวศ ความหลากหลายของชนิดพรรณ (Species Diversity) ได้แก่ จำนวนชนิดพรรณพืชที่มีอยู่แต่ละแหล่ง และความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity) ซึ่งได้แก่ ความแตกต่างทางสายพันธุ์ของพืชในแต่ละชนิด เช่น สายพันธุ์ต่างๆ ของข้าว ลำไย ทุเรียนหรือไม้สัก

เป็นที่ยอมรับกันว่า ป่าเขตร้อน (Tropical Forests) โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าดิบชื้น (Tropical Rain Forest) จะเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายของทรัพยากรพันธุ์พืชสูงที่สุดของ 25,000 ชนิด ประเทศไทยจัดว่ามีทำเลที่ตั้งเอื้ออำนวยต่อความหลากหลายของทรัพยากรพันธุ์พืชมาก เนื่องจากตั้งอยู่บนรอยต่อของชีวภูมิศาสตร์พรรณพืช ระหว่าง 3 ภูมิภาคด้วยกัน คือ ภูมิภาคอินโด - เบอร์มิส (Indo-Burmese Region) ทางภาคเหนือและภาคตะวันตก, ภูมิภาคอินโด - ไชนีส (Indo - Chinese Region) ทางภาคเหนือตะวันออกเฉียงเหนือและบางส่วนของภาคตะวันออก และภูมิภาคมาเลเซียน (Malesian Region) ภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดระนองลงไป และที่ปลายแหลมภาคตะวันออก คือ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดตราด จากเขตภูมิภาคพรรณพืชดังกล่าวและจากสภาพทางกายภาพของประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยมีป่าชนิดต่างๆ ถึง 16 ประเภทย่อยหรือมีความหลากหลายทางระบบนิเวศและ/หรือถิ่นกำเนิดพืชพรรณถึง 16 ชนิด เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ประเทศไทยมีความหลากหลายของทรัพยากรพันธุ์พืชอย่างมากมาย การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของจำนวนชนิดพรรณไม้ในป่าของประเทศไทย พบว่า ในพื้นที่ป่า 1 เฮกแตร์ (100 x 100 เมตร) ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forests) จะมีพรรณไม้อยู่ 14-21 ชนิด ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) จะมีพรรณไม้อยู่ประมาณ 35-40 ชนิด ป่าสน (Pine/Pine – Dipterocarp Forests) มี 22-34 ชนิด ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) มี 57 ชนิด ป่าดิบเขา (Montane Forest) มี 56-70 ชนิด ป่าดิบชื้นจะมีพรรณไม้อยู่มากถึง 69-109 ชนิด

การรักษาสายพันธุ์ของทรัพยากรพันธุ์พืชสามารถกระทำได้หลายวิธีและวิธีที่ดีที่สุด คือ การศึกษาถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของป่าแต่ละแห่งประกาศให้ป่านั้นๆ เป็นเขตหรือพื้นที่อนุรักษ์พันธุ์พืชในถิ่นเดิมและป้องกันรักษาอย่างเข้มงวด โดยจะรักษาความหลากหลายของทรัพยากรพันธุ์พืชในป่านั้นทั้งชีวมณฑล ในกรณีจำเป็นหรือในพื้นที่ที่มีความล่อแหลมต่อการถูกทำลาย

พันธุกรรมที่ใกล้จะสูญพันธุ์ เช่น ในพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องพัฒนา อาทิ จำเป็นต้องมีการก่อสร้างถนน หรือเขื่อน อาจมีการเคลื่อนย้ายสายพันธุ์รวมของพืชที่สำคัญแต่ละชนิดในพื้นที่นั้นๆ โดยกระจายการสุ่มเก็บเมล็ดพันธุ์ให้ทั่วพื้นที่ให้มากที่สุด นำเมล็ดมาคละเคล้ากันแล้วนำไปปลูกในถิ่นที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับสภาพเดิมเป็นการอนุรักษ์สายพันธุ์นอกถิ่นเดิม สำหรับพืชที่มีขนาดเมล็ดเล็กหรือพืชเกษตรที่มีอายุสั้น ในบางกรณีอาจเก็บรักษาในสภาพของเมล็ดพันธุ์หรือในสภาพของเชื้อพันธุ์และ/หรือธนาคารพันธุ์ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บไว้ในอุณหภูมิที่เย็นจัด

2.3.5 ประโยชน์ของความหลากหลายทางชีวภาพ

1) ด้านเกษตรกรรม พันธุ์พืชมากกว่า 3,000 ชนิดใช้เป็นอาหารได้และไม่น้อยกว่า 150 ชนิดที่นำมาเพาะปลูกเป็นอาหารของคนและสัตว์

2) การแพทย์ พันธุ์พืชหลายประเภทสามารถนำมาใช้เป็นยารักษาโรคได้ ในป่าชื้นเขตร้อนของไทยมีสมุนไพรหลายชนิดที่ไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง

3) การอุตสาหกรรม ผลผลิตของพืชป่าหลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันพืช ยางธรรมชาติ พลาสติก เป็นต้น

2.3.6 การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

- นักชีววิทยาเห็นพ้องต้องกันว่าโลกกำลังสูญเสียสัตว์และพืชในป่าเขตร้อนอย่างน้อย 27,000 ชนิดต่อปี นอกจากป่าเขตร้อนแล้วความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศอื่นๆ กำลังลดลงเช่นกัน เช่น แนวปะการัง พื้นที่ชุ่มน้ำ เกาะ และภูเขา

- แม้ว่าการสูญเสียเป็นวัฏจักรธรรมชาติ แต่การสูญพันธุ์ด้วยอัตราเร่งอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเป็นปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ

- มีหลักฐานยืนยันว่าประเทศไทยได้ทำให้สมันตัวสุดท้ายสูญสิ้นไปจากโลกเมื่อ พ.ศ. 2475 นอกจากนี้ยังมีสัตว์อีกหลายชนิด เช่น แรดชวา กูปรี นกกระสาปากเหลือง เป็นต้น

2.3.7 สาเหตุแห่งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

1) การนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไป เช่น การล่าสัตว์

2) การค้าขายสัตว์และพืชป่าแบบผิดกฎหมาย ความต้องการสัตว์และพืชที่หายากได้ทำให้ราคาของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นสูงมาก

3) การรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า ความเป็นเมือง การท่องเที่ยวและมลพิษ

4) การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่ การตัดไม้จากแหล่งธรรมชาติ โดยลดจำนวนไม้ยืนต้นและทำให้โครงสร้างของป่าเปลี่ยนแปลงไป

2.3.8 พื้นที่สงวนชีวมณฑล (Biosphere Reserve)

2.3.8.1 **ความเป็นมาของพื้นที่สงวนชีวมณฑล**

พื้นที่สงวนชีวมณฑลถูกกำหนดขึ้นเพื่อตอบคำถามที่สำคัญในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถอนุรักษ์ความหลากหลายของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของชีวมณฑลและดูแลรักษาระบบนิเวศตามธรรมชาติให้อุดมสมบูรณ์ไว้ได้ ในขณะที่ต้องตอบสนองความจำเป็นและความต้องการทรัพยากรชีวภาพให้แก่ประชาชนที่เพิ่มจำนวนขึ้นทุกขณะ ทำอย่างไรจึงจะเกิดความสอดคล้องระหว่างการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

จากวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมที่นานาประเทศไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ได้ก่อให้เกิดการจัดตั้งโปรแกรมมนุษย์และชีวมณฑลของ UNESCO ขึ้น

2.3.8.2 ความหมายของพื้นที่สงวนชีวมณฑล

พื้นที่สงวนชีวมณฑล คือ พื้นที่ระบบนิเวศบนบกและ/หรือ ชายฝั่งทะเล/ทะเล หรือพื้นที่ที่มีทั้งระบบนิเวศบนบกและชายฝั่งทะเล/ทะเล ที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติภายใต้โปรแกรมมนุษย์และชีวมณฑลของ UNESCO

รัฐบาลประเทศนั้นๆ เป็นผู้กำหนดพื้นที่สงวนชีวมณฑล ซึ่งต้องเป็นพื้นที่ที่สามารถตอบสนองบทบาทหลัก 3 ประการ คือ

1) บทบาทด้านการอนุรักษ์ : อนุรักษ์ทรัพยากรพันธุกรรม ชนิดพันธุ์ ระบบนิเวศ และภูมิทัศน์

2) บทบาทด้านการพัฒนา : ดูแลการพัฒนาด้านบุคลากรและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

3) บทบาทด้านวิชาการ : สนับสนุนโครงการตัวอย่างสำหรับการวิจัย การให้การศึกษาและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมและการติดตามตรวจสอบเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับโลก

2.3.8.3 องค์ประกอบของพื้นที่สงวนชีวมณฑล

เขตพื้นที่สงวนชีวมณฑลแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1) เขตแกนกลาง (Core Area) ต้องจัดตั้งขึ้นตามกฎหมายหรือสามารถให้การคุ้มครองภูมิทัศน์ในระยะยาวได้ ต้องมีพื้นที่ใหญ่พอที่จะรองรับวัตถุประสงค์ด้านการอนุรักษ์ โดยพื้นที่สงวน 1 แห่ง อาจมี core area หลายแห่งก็ได้ เขตนี้ต้องไม่มีกิจกรรมใดๆ ยกเว้นเพื่อการวิจัยและการติดตามตรวจสอบ

2) เขตกันชน (Buffer Zone) ต้องกำหนดแนวชัดเจนและล้อมรอบเขตแกนกลาง เขตนี้ช่วยคุ้มครองเขตแกนกลาง สามารถทำกิจกรรมด้านการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม นันทนาการการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และการวิจัยต่างๆ

3) เขตรอบนอก (Transition Area) เป็นพื้นที่ที่ใช้ดำเนินกิจกรรมความร่วมมือทั่วไป เช่น การเกษตร การตั้งถิ่นฐาน และการใช้ประโยชน์อื่นโดยชุมชนท้องถิ่น ต้องเกี่ยวกับการจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

2.3.9 อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ

เป็นข้อตกลงด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศที่ต้องการให้รัฐบาลทุกประเทศเคร่งครัดต่อการรักษาวินัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึงว่า แม้มีความต้องการอย่างมากที่จะพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ แต่ก็ต้องไม่ละเลยการอนุรักษ์ธรรมชาติด้วย

อนุสัญญามีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

1. เพื่ออนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ
2. เพื่อใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน
3. เพื่อแบ่งปันผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ทรัพยากรอย่างเท่าเทียมและยุติธรรม

อนุสัญญาเหล่านั้น ได้แก่

1) อนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำหรืออนุสัญญาแรมซาร์ พ.ศ. 2514 เพื่อการอนุรักษ์ และส่งเสริมการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำอย่างชาญฉลาด

2) อนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองมรดกโลกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติ พ.ศ. 2514 เพื่อเสริมสร้างความร่วมมือในการกำหนดมาตรการที่เหมาะสมเพื่อสงวนรักษาคุ้มครองและส่งเสริมมรดกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติให้คงอยู่ตลอดไป

3) อนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศเกี่ยวกับชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ พ.ศ. 2516 เพื่ออนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่า โดยเฉพาะชนิดพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์

4) อนุสัญญาว่าด้วยการอนุรักษ์ชนิดพันธุ์ที่มีการอพยพย้ายถิ่น พ.ศ. 2522 เช่น นกเป็ดน้ำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นภาคีอนุสัญญาว่าด้วยการคุ้มครองมรดกโลกทางวัฒนธรรมและธรรมชาติ และอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศเกี่ยวกับชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์

พื้นที่สงวนชีวมณฑลของประเทศไทย

ประเทศไทยเข้าร่วมโปรแกรมมนุษย์และชีวมณฑล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่สงวนชีวมณฑลทั้งสิ้น 4 แห่ง ดังนี้

1) พื้นที่สงวนชีวมณฑลของสะแกราชและสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ตั้งเมื่อ พ.ศ. 2519

2) พื้นที่สงวนชีวมณฑลแม่สา - ห้วยคอกม้า อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งเมื่อ พ.ศ. 2520

3) พื้นที่สงวนชีวมณฑลสวนสักห้วยทาก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ตั้งเมื่อ พ.ศ. 2522

4) พื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าชายเลน จังหวัดระนอง ตั้งเมื่อ พ.ศ. 2539

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

1. จงอธิบายความหมาย และโครงสร้างของระบบนิเวศ
2. จงอธิบายและยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ
3. จงอธิบายและยกตัวอย่างการถ่ายทอดพลังงาน รวมถึงการหมุนเวียนของแร่ธาตุในระบบนิเวศ
4. จงเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ
5. จงอธิบายและยกตัวอย่างคุณค่า ความสำคัญ และผลกระทบของการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการดูแลรักษา

เอกสารอ้างอิง

กนก จันทร์ทอง. (2539). **ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม**. ฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษา สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

กฤษณ์ มงคลปัญญา และอมรา ทองปาน. (2540). **ชีววิทยา**. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว. (2540). **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.** โครงการสหวิทยา การพัฒนาบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 4).

ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และสุนีย์ เลิศแสวงกิจ. (2537). **ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : พิศิษฐ์การพิมพ์.

ทบวงมหาวิทยาลัย. (2530). **ชีววิทยา.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ราตรี ภารา. (2538). **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์ทิพยวิสุทธิ์.

วินัย วีระวัฒนานนท์ และบานชื่น สีพันผ่อง. (2537). **การศึกษาสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.

ศิริพรต ผลสินธุ์. (2534). **ชีวิตกับสภาพแวดล้อม**. กรุงเทพ ฯ : ดี.ดี. บุคสโตร์.